

## 橋梁用制振装置(キールダンパ)の動特性に関する振動実験

神戸製鋼所 正 吉村登志雄 正 岡田 徹  
 神戸製鋼所 正 広沢 正雄 正 濱崎 義弘

## 1. まえがき

著者らは、風や車両走行による桁橋の振動を抑制することを目的とした制振装置(キールダンパ)の開発を行ってきた。これまでに、南阪奈道路)兵家第二橋や京葉道路の鋼単純合成桁橋に設置され、交通振動に対する効果が確認されている<sup>1,2)</sup>。このダンパは制振材として粘弾性体を利用しており、その特性には周波数依存性や温度依存性がある。そこで、本研究では、橋梁にキールダンパを設置した時の減衰付加効果予測精度の向上を図るために、実物大キールダンパの単体振動実験を実施し、詳細な特性を明らかにする。

## 2. キールダンパの基本構造

キールダンパの概略図を図1に示す。桁の底フランジから板部材を伸ばし、橋台や橋脚からこの板部材を挟みこむ様に張り出した2枚の板部材の間に制振材を設けた構造である。図2に示す様に、橋梁が曲げ変形する際の桁端部における回転変形を、桁下から伸ばした板部材により拡大変換して効率的にエネルギー吸収を行う。

## 3. 試験体と実験装置

試験体および実験装置を図3に示す。試験体は京葉道路に設置したものと同一形状とした。制振材の材料特性を図4に示す。キールダンパの橋脚側フランジを反力壁に取り付け、桁側フランジを200kNサーボ式油圧アクチュエータにより上下方向に正弦波加振力を与えた。加振周波数は2Hz, 4Hz, 14Hzとし、加振力は2kN~50kNの範囲での複数条件とした。試験体の変位は、桁側取付フランジの変位を $x_1$ と $x_2$ 、橋脚側部材の変位を $x_3$ と $x_4$ として計測し、各部材の平均変位を $x_g$ および $x_f$ とした。温度条件は、0度~40度の間で変動させている。

## 4. 実験結果

図5に、温度や周波数、荷重を変えた条件での振幅と荷重の履歴曲線を示す。各図とも10周期分の履歴を表している。いずれの条件においても、再現性の高い安定したループ特性を有している。(a)から、温度が低くなる程、剛性が上がっているほか、ループ面積が小さくなる事が確認できる。また、(b)から、周波数が高くなる程、剛性が上がる傾向にあることが分かる。(c)からは、荷重・振幅にかかわらずループ形状は相似の関係にあり、振幅依存性はほとんどないといえる。

次に、キールダンパを図6に示すモデルで表し、各種パラメータの同定と計算値との比較を行う。ここでは、ダンパ全体系の特性について、次式で

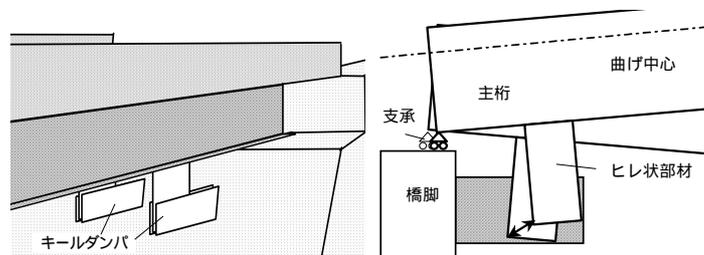


図1 キールダンパ概略図

図2 動作原理

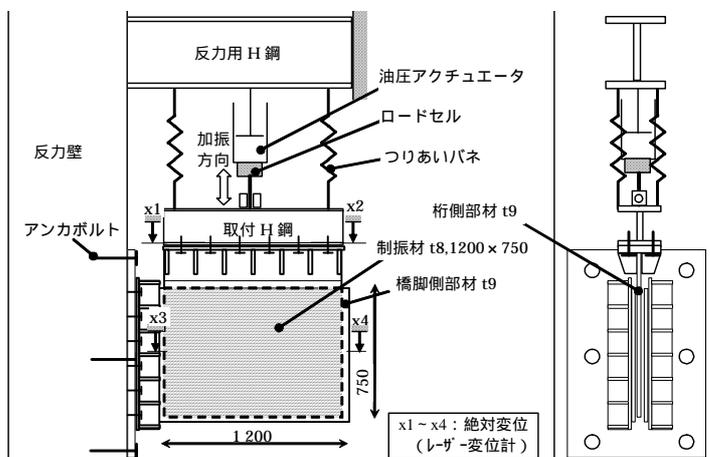


図3 実験用キールダンパと試験方法

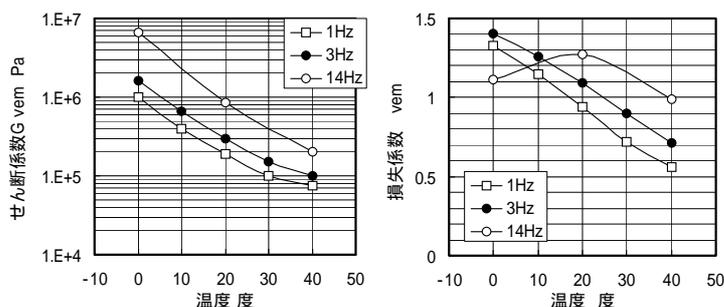


図4 制振材の特性

キーワード：桁橋、制振装置、振動実験、粘弾性体、複素剛性、交通振動、耐風安定性

連絡先：〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町4-2-7 (株)神戸製鋼所 鉄構・砂防部 TEL 078-261-7813

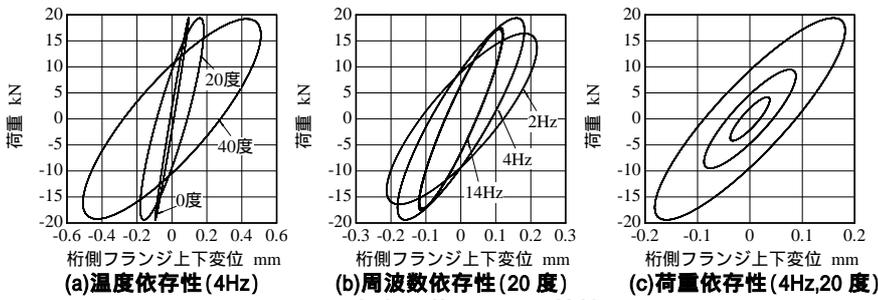


図5 振幅と荷重の履歴特性

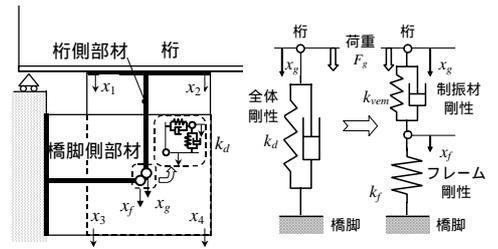


図6 キールダンパのモデル化

表される荷重  $F_g$  と変位  $x_g$  の関係から、複素剛性  $k_d$  と損失係数  $\eta_d$  とで表現する。

$$F_g = k_d(1 + \eta_d j)x_g \tag{1}$$

$k_d$ ,  $\eta_d$  は、計測データを周波数分析し、 $F_g$  と  $x_g$  間の伝達関数から実部と虚部を分離して算出する。また、実験値の妥当性を検証するため、制振材の剛性  $k_{vem}$  とフレームの剛性  $k_f$  を直列結合した計算値を算出し、実験値と比較した。ここで、制振材の特性は図4から、 $k_{vem} = (2AG_{vem}/d)(1 + j\eta_{vem})$  で算出する。 $A$ ,  $d$  はそれぞれ制振材の面積および厚さを表わす。

図7にフレームと制振材の単体特性およびダンパ全体特性を示す。全体特性は、剛性、損失係数とも実験と計算とで良く一致している。また、温度が高いほど制振材単体の特性に近づき、温度が低いほどフレームの特性に近づく傾向にある。低温時の損失係数低下は、制振材の剛性が高く相対的にフレーム変形が増加する為である。図8に各周波数の結果を示す。各周波数において温度依存性に関する特性はほとんど同じ傾向であることがわかる。

さて、この損失係数は制振装置単体における値であり、構造物に対する制振効果は損失係数だけでは評価ができない。すなわち、損失係数が大きい制振装置でも、装置から発生する力が小さいと制振効果は小さい。そこで、複素剛性で表されるダンパ荷重  $F_d$  を、速度に比例する一般的な粘性ダンパの減衰係数に置き換えて評価を行う。式(1)を変位と速度の関係  $jx = \dot{x}/(2\pi f)$  を用いて変形すると、等価減衰係数  $c_d$  は次式で表される。

$$F_g = k_d \eta_d / (2\pi f) \cdot \dot{x}_g + k_d x_g \quad \text{等価減衰係数 } c_d = k_d \eta_d / (2\pi f) \tag{2}$$

図9に示す様に低温時でも減衰係数は大きく、広い温度範囲で高い制振効果を発揮することが確認できる。特に、低周波数帯域での効果が大きいことがわかる。

5. まとめ

キールダンパの単体試験により複素剛性による基本特性を明らかにした。剛性、損失係数の温度依存性が大きいものの、制振力に相当する等価減衰係数は広い温度範囲で安定していることを確認した。

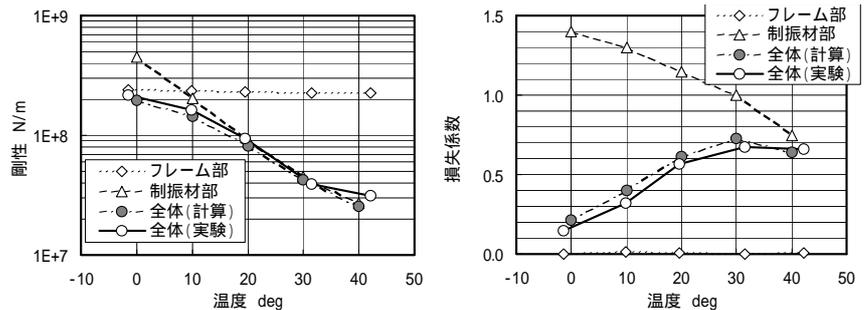


図7 キールダンパ特性の実験値と計算値との比較(4Hz)

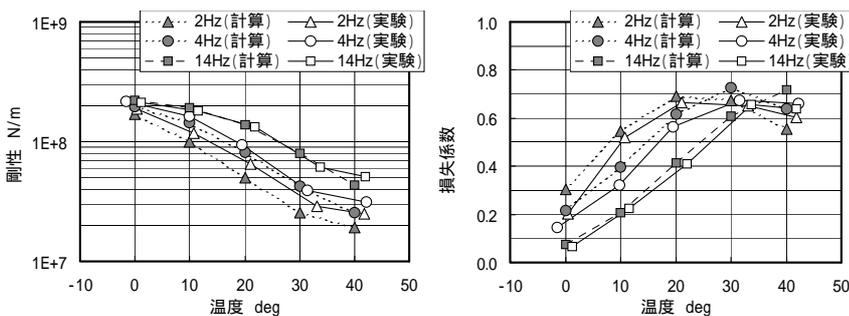


図8 各周波数におけるキールダンパ全体特性

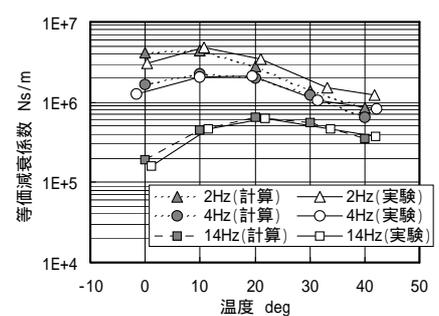


図9 各周波数の等価減衰係数

参考文献

1)吉村, 藤波, 岡田: 橋梁用制振装置(キールダンパ)を設置した橋梁の車両走行時の振動計測, 第60回年講, 1-539, 2005  
 2)岸, 福元: 減衰工法を用いた橋梁振動対策(京葉道路での取組み), EXTEC, No.82, pp.29-32, 2007.9